

УДК 667.64:620.193.82

**Е. Н. Сабадаха, Н. Р. Прокопчук, А. Л. Шутова**

Белорусский государственный технологический университет

**ПРИНЦИПЫ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ  
ПРИ ОКРАШИВАНИИ ДЕРЕВЯННОЙ ПОВЕРХНОСТИ БИОЗАЩИТНЫМ  
ЛАКОКРАСОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ**

Разработан биозащитный лакокрасочный материал для окрашивания деревянной поверхности с пониженным содержанием биоцидной добавки. Исследована грибостойкость акриловой, стирол-акриловой и винил-ацетат-этиленовой пленок, полученных на основе их водных дисперсий. Показано, что пленка на основе акриловой дисперсии является наиболее стойкой по отношению к плесневым грибам с точки зрения изменения прочностных свойств и химической структуры. Изучено влияние пигментов, их объемной концентрации и окрашиваемой деревянной поверхности на грибостойкость покрытия. Отмечено, что среди цинксодержащих пигментов оксид цинка подавляет развитие микромицетов в большей степени. Сформулированы основные принципы снижения экологической нагрузки при разработке биозащитного лакокрасочного материала по деревянной поверхности: выбор биостойкого пленкообразующего вещества; использование фунгитоксичных пигментов и инертных наполнителей, их количества определяются с учетом объемной концентрации пигментов; исключение компонентов, стимулирующих рост и развитие плесневых грибов.

**Ключевые слова:** биостойкость, грибостойкость, плесневые грибы, пленкообразователь, пигмент, наполнитель, объемная концентрация пигмента, окрашиваемая поверхность.

**E. N. Sabadaha, N. R. Prokopchuk, A. L. Shutova**

Belarusian State Technological University

**THE ENVIRONMENTAL IMPACT REDUCTION PRINCIPLES  
OF BIOPROTECTIVE PAINTWORK MATERIAL  
DURING THE WOOD SURFACE PAINT**

A bioprotective paintwork material for wood surface with reduced content of biocide additive has been developed. The fungi inertness of acrylic, styrene-acrylic and vinyl-acetate-ethylene films on the base of its dispersions has been investigated. It has been shown that the most stable film to the mold fungi when the changing of mechanical properties and chemical structure is a film on the base of acrylic dispersion. The influence of pigments, their volume concentration and paint surface on the coating fungi inertness was studied. It was noticed that zinc oxide among zinc pigment decelerates fungi growth better than others. The main principles of environmental impact reduction of bioprotective paintwork material have been defined. They are: the choice a biostable film binder, fungitoxic pigment and inert filler use, their quantities are defined on the pigment volume concentration, except the component which can stimulate fungi growth.

**Key words:** biostability, fungi inertness, mold fungi, binder, pigment, filler, pigment volume concentration, surface.

**Введение.** Сегодня ни один строительный проект не может обойтись без использования лакокрасочных материалов различного назначения. Особое внимание уделяется требованиям к безопасности и охране окружающей среды. С одной стороны, сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу осуществляется при изготовлении лакокрасочной продукции путем оптимизации технологического процесса, с другой, — внедрением новых лакокрасочных материалов, отвечающих современным требованиям. Перспективными материалами с экологической, технологической и экономической точек зрения являются водно-дисперсионные лакокрасочные композиции. Основное их преимущество — использование воды вместо дорогих, горючих, токсичных и без-

возвратно теряемых органических растворителей. Также они не имеют запаха, быстро высыхают, легко наносятся на поверхность, имеют хороший декоративный вид и широкий спектр цветовой гаммы. Отсутствие в составе водных материалов органических растворителей значительно снижает количество вредных выбросов в атмосферу, уменьшает пожароопасность, токсичность и создает благоприятные условия труда при проведении окрасочных работ [1].

Одним из широко применяемых материалов в строительстве является древесина. Каждая деревянная поверхность нуждается в надежной защите во избежание разрушения под действием внешних факторов. Поражение различными микроорганизмами, в частности плесневыми

грибами, остается основной проблемой при ее эксплуатации. Предотвратить возникновение биокоррозии древесины гораздо легче, чем потом бороться с ее последствиями. На практике уже давно реализована идея добавления в лакокрасочные материалы специальных биоцидных и ингибирующих добавок [2]. Лакокрасочный материал является сложной многокомпонентной системой, поэтому следует учитывать особенности каждой композиции, которые могут оказать существенное влияние на стабильность активных веществ биоцида (температура и значения pH системы; восстанавливающие и окисляющие компоненты композиции; материал подложки; температура сушки лакокрасочного материала; условия эксплуатации покрытия). Кроме того, препараты, используемые в качестве добавок для защиты от биокоррозии, должны быть не только эффективными, но и безопасными при применении, а также не оказывать вредного влияния на окружающую среду [1]. Снизить нежелательное влияние биоцидов можно путем уменьшения их количества в композиции. Однако в данном случае снижается и их эффективность против микроорганизмов. Для решения проблемы предлагается путем оптимизации рецептуры увеличить биостойкость и придать фунгитоксичные свойства лакокрасочной пленке, что позволит уменьшить количества антимикробных препаратов в составе, тем самым снизить экологическую нагрузку биозащитного лакокрасочного материала.

Таким образом, основная цель данной работы – оптимизировать базовую рецептуру, основываясь на биостойкости и фунгитоксичности ее компонентов.

**Основная часть.** Каждый компонент лакокрасочной композиции при воздействии на него метаболитов плесневых грибов обладает различной биостойкостью (одни быстро разрушаются, у других изменения в структуре происходят в меньшей степени либо незначительно). С другой стороны, имеет место и обратная реакция – все продукты, входящие в состав материала, могут влиять на рост и развитие плесневых грибов: стимулировать их рост в том случае, когда являются источником питания; ингибировать или оставаться инертными.

Воздействие плесневых грибов – это, прежде всего, воздействие химически активной агрессивной среды, выделяемой ими [3]. В лакокрасочном покрытии в большой степени подвергается разрушению пленкообразователь. При действии агрессивных сред на полимерные материалы макромолекулы могут претерпевать следующие превращения: уменьшение степени полимеризации в результате распада основной цепи макромолекул в полимерах; отщепление

молекулы мономера от конца цепи макромолекулы – деполимеризация; образование новых химических связей между макромолекулами, т. е. реакция сшивания [4].

Химическую стойкость полимерных материалов можно оценивать по изменению их физико-механических свойств. Следствием межмолекулярного взаимодействия является изменение прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве. Для исследования изменения прочностных характеристик в пленкообразующих веществах под воздействием плесневых грибов свободные пленки, полученные на основе акриловой, стирол-акриловой и винил-ацетат-этиленовой дисперсий, подвергали воздействию плесневых грибов по экспресс-методике «агаровая сетка» с использованием грибов *Aspergillusniger*, *Penicillium Funiculosum*, *Trichodermaviride* [5]. Необходимо отметить, что полученные пленки дисперсий имели одинаковую оценку степени грибоустойчивости в соответствии с ГОСТ 9.050.

Результаты испытаний, представленные на рис. 1 и 2, показали, что спустя 7 сут прочность при растяжении акриловой пленки увеличивается с 0,24 до 0,43 МПа, стирол-акриловой – с 0,10 до 0,45 МПа, винил-ацетат-этиленовой – с 0,14 до 0,32 МПа.

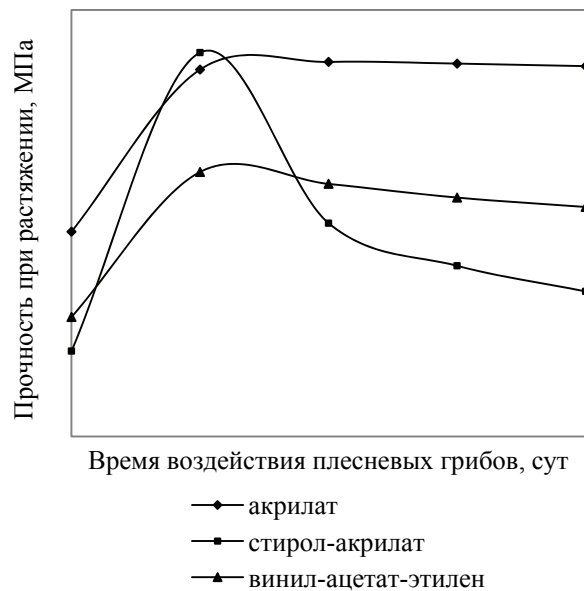


Рис. 1. Зависимость прочности при растяжении пленкообразователей от времени воздействия плесневых грибов

Относительное удлинение снижается соответственно с 140 до 103, с 310 до 197, с 390 до 290%. Через 14 сут и при дальнейшем воздействии плесневых грибов значительно снижается прочность при растяжении (до 0,25 МПа) и увеличивается относительное удлинение (до 253%)

у стирол-акрилового, в меньшей степени (до 0,30 МПа и 299%) у винил-ацетат-этиленового и незначительно (до 0,44 МПа и 102%) у акрилового пленкообразователей.

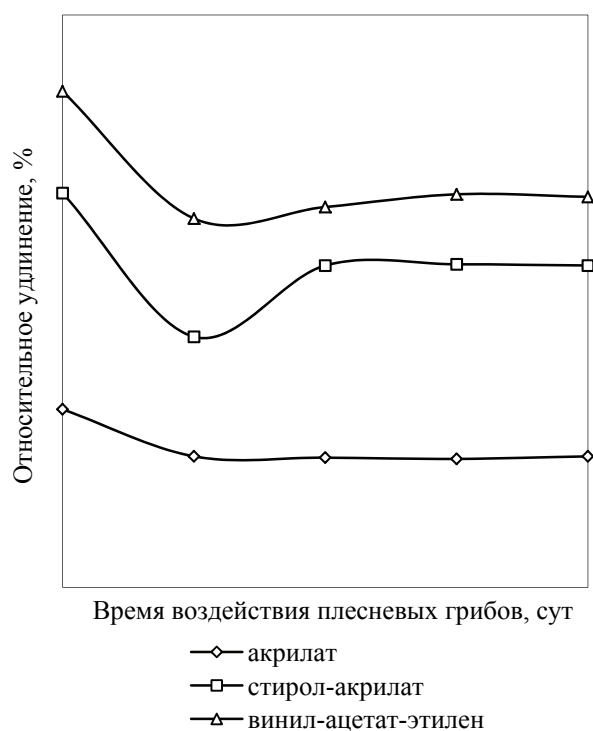


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения пленкообразователей от времени воздействия плесневых грибов

Известно [6], что при воздействии агрессивных сред на полимерные материалы могут образовываться новые химические связи между макромолекулами. Судя по характеру изменения полученных нами прочностных характеристик пленок, имело место образование таких связей. Для подтверждения данного предположения были проведены испытания по установлению содержания золь-гель-фракции в пленках связующего без старения и спустя 7 и 14 сут воздействия плесневых грибов (табл. 1). Пленкообразующие вещества экстрагировали бензолом в течение 3 ч. Данные, представленные в табл. 1, коррелируют с полученными ранее.

Стирол-акриловый и винил-ацетат-этиленовый пленкообразователи не являются сетчатыми полимерами, поэтому не имеют гель-фракции. После 7 сут воздействия микроорганизмов гель-фракция акриловой пленки увеличивается до 10%, у несшитых стирол-акриловой и винил-ацетат-этиленовой пленок появляется гель-фракция, которая составляет 71,12 и 72,98% соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что под действием плесневых грибов в макромолекулах пленкообразующих веществ происходит образование

новых поперечных химических связей за счет рекомбинации макрорадикалов. При воздействии микроорганизмов более 7 сут гель-фракция всех пленок снижалась.

Таблица 1  
Гель-фракция непигментированных пленок

Пленкообразователь	Время воздействия плесневых грибов, сут	Гель, %
Акриловый	0	70,29
	7	80,12
	14	74,71
	56	72,14
Стирол-акриловый	0	0
	7	71,12
	14	0
Винил-ацетат-этиленовый	0	0
	7	72,98
	14	69,74
	56	1,13

Таким образом, в качестве пленкообразующего в биозащитной лакокрасочной композиции была выбрана акриловая дисперсия, пленка которой наименее подвержена изменению деформационно-прочностных свойств после 7 сут воздействия плесневых грибов.

Следующим шагом при разработке биозащитного материала является выбор пигментов и наполнителей. Осуществляя выбор пигмента для лакокрасочного материала, как правило, не учитывают его влияния на микробиологическую стойкость получаемого защитного покрытия. Между тем роль этого компонента лакокрасочных покрытий в обеспечении их биостойкости имеет в составе некоторых материалов существенное значение. Пигменты могут механически затруднять развитие мицелия, оказывать токсичное действие на микроорганизмы, в том числе плесневые грибы.

По масштабам производства и применения в лакокрасочных материалах белые пигменты занимают первое место, они составляют 65–70% всей массы выпускаемых пигментов.

Из большого числа неорганических веществ белого цвета в качестве пигментов нашли практическое применение лишь немногие технические продукты, отвечающие комплексу физических, химических, технических, экономических и санитарно-гигиенических требований. К ним относятся: диоксид титана, оксид и сульфид цинка, литопон. Анализ литературы показал [1, 7], что оксид и сульфид цинка, литопон обладают фунгитоксичными свойствами.

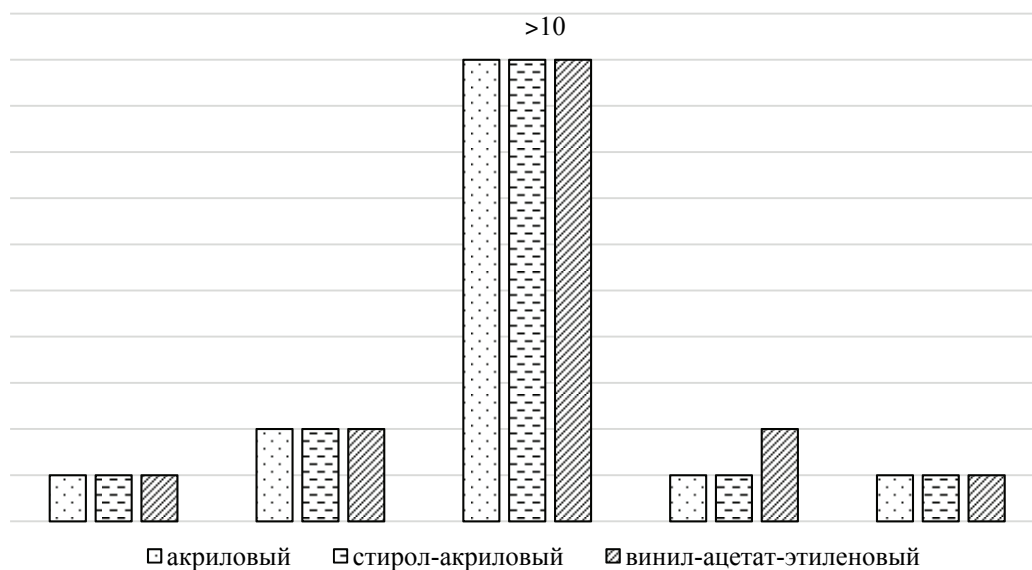


Рис. 3. Длительность лаг-фазы (сут) *A. niger* на пленках, содержащих пигменты

Была проведена сравнительная оценка грибоустойчивости цинксодержащих пигментов в составе модельных композиций на основе акриловой, стирол-акриловой и винил-ацетат-этиленовой дисперсий (рис. 3). Установлено, что диоксид титана незначительно влиял на ингибирующую способность покрытий (увеличил длительность лаг-фазы гриба на 1 сут). Наибольшую фунгитоксичность с водно-дисперсионными пленкообразователями проявил оксид цинка. Споры гриба остались без видимых изменений в течение всего периода испытаний на всех покрытиях. Пленки, содержащие литопон и сульфид цинка, не обладали антигрибными свойствами, что связано с меньшим содержанием ионов цинка в пигментах (литопон содержит 20% цинка, сульфид цинка – 67,1%, а цинковые белила – 80%), а следовательно, и в лакокрасочной композиции (количество цинка в покрытии с цинковыми белилами составило 24%, сульфидом цинка – 20,13%, литопоном – 6%).

Таким образом, фунгитоксичные свойства покрытий определялись, в основном, пигментами, так как лаг-фаза всех пленок, содержащих один и тот же пигмент, была одинаковой. Лучшими биозащитными свойствами в составе модельных композиций обладал оксид цинка.

Наполнители являются активными компонентами пигментированных лакокрасочных материалов, применяются для оптимизации рецептуры и улучшения технических свойств лакокрасочного материала и покрытия. По сравнению с пигментами наполнители либо снижали биозащитные свойства покрытий, либо не оказывали никакого влияния на фунгитоксичность пленки. Связано это с тем, что металлы, входящие в состав наполнителей, не токсичны

по отношению к микроорганизмам, кроме того, некоторые наполнители могут увеличивать гигроскопичность покрытия, тем самым способствовать интенсивному развитию микроорганизмов.

Таким образом, для дальнейшей разработки лакокрасочного материала были выбраны: инертный по отношению к грибам диоксид титана для придания укрывистости, оксид цинка для увеличения фунгитоксичности и кальцит для снижения себестоимости краски, а также для регулирования некоторых технических характеристик [7].

Кроме того, в состав лакокрасочной композиции входили: диспергатор (натриевая соль поликарбоновой кислоты), пеногаситель (смесь гидрофобных твердых веществ и пеноразрушающих полисилоксанов в полигликоле), ассоциативные неионные загустители на основе полиуретанов (так как использование целлюлозных загустителей стимулирует рост микроорганизмов), коалесцент (2,2,4-триметил-1,3-пентадиолмоноизобутират).

Планирование эксперимента осуществлялось с помощью симплекс-решетчатых планов Шеффе для трехкомпонентного симплекса [8].

Известно, что на биозащитные свойства покрытий существенное влияние оказывает окрашиваемая поверхность. Поэтому количества пигмента и наполнителя выбирались таким образом, чтобы максимально снизить влияние деревянной поверхности. Пигментная часть в композиции составила 35 мас. %. Соотношения пигментов и наполнителей рассчитывались на основании ограничений в локальных областях факторного пространства с учетом того, чтобы объемная концентрация пигментов в заданной

области была максимальна. В табл. 2 представлены номера составов и соотношения компонентов пигментной части (мас. %).

Таблица 2  
Состав пигментной части исследуемых композиций, %

Номер состава	Диоксид титана	Оксид цинка	Кальцит	ОКП, об. %
1	15,00	15,00	5,00	38,0
2	16,65	15,00	3,35	37,4
3	18,35	15,00	1,65	36,8
4	20,00	15,00	0	36,1
5	16,70	16,65	1,65	36,4
6	13,30	18,35	3,35	36,7
7	10,00	20,00	5,00	37,0
8	11,65	18,35	5,00	37,4
9	13,35	16,65	5,00	37,7
10	15,00	16,65	3,35	37,1

Самое большое значение объемной концентрации пигментов (ОКП) было отмечено у состава № 1.

В табл. 3 представлены результаты испытаний на грибостойкость полученных составов.

Таблица 3  
Грибостойкость по ГОСТ 9.050 методами 1 и 2 лакокрасочных материалов в виде свободной пленки и на деревянной поверхности

Номер состава	Свободная пленка		На подложке		ОКП, об. %
	1	2	1	2	
1	0	2	0	2	38,0
2	0	2	1	3	37,4
3	0	2	1	3	36,8
4	0	2	1	3	36,1
5	0	2	1	3	36,4
6	0	2	1	3	36,7
7	0	2	1	3	37,0
8	0	2	1	3	37,4
9	0	2	1	3	37,7
10	0	2	1	3	37,1

Исследования проводили согласно ГОСТ 9.050 методами 1 (в условиях, исключающих дополнительный источник питания) и 2 (в присутствии источника питания) в виде свободной пленки, а также на деревянной поверхности (по 6-балльной шкале от 0 до 5; баллы 0 и 1 – покрытие обладает биозащитными свойствами).

Установлено, что без подложки все составы обладали одинаковой грибостойкостью. При окрашивании деревянной поверхности лучшей биостойкостью (0 баллов по методу 1; 2 балла по методу 2) обладал состав № 1, объемная

концентрация пигмента которого была максимальной и составляла 38,0 об. %.

Таким образом, при равной наполненности лучшими биозащитными свойствами на древесине обладал состав с большей объемной концентрацией пигмента. При большом значении ОКП создается барьерный эффект, тем самым снижается влияние окрашиваемой поверхности.

В число соединений, характеризующихся высокой активностью в сочетании с относительно низкой токсичностью для человека, входят азотсодержащие гетероциклические соединения, в частности изотиазолиноны. Они, в отличие от других биоцидов, устойчивы в щелочной среде, не вызывают изменение цвета лакокрасочного материала, не содержат галогенов. В качестве биоцидной добавки вводили изотиазолинон, выпускаемый под торговой маркой ActicideDW. Для определения концентрации биоцида, при которой покрытие будет полностью ингибировать рост плесневых грибов, в состав вводили добавку в количестве до 0,01 мас. % с шагом 0,002 (рис. 4).

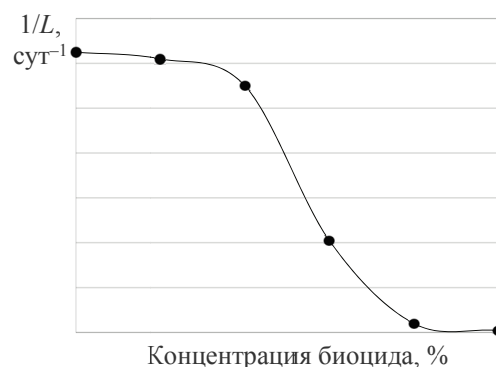


Рис. 4. Влияние биоцида изотиазолинона на фунгитоксичность лакокрасочного покрытия, определенную по методу «агаровая сетка»

Из данных рисунка видно, что покрытие полностью ингибировало рост плесневых грибов при содержании биоцида 0,008%. Производителем рекомендуется вводить 0,10–0,40% биоцида. Таким образом, при окраске древесины разработанный состав позволил снизить содержание биоцидной добавки в 12,5 раз от рекомендуемого количества.

Кроме того, что биозащитный состав должен обладать стойкостью к воздействию плесневых грибов, он также должен иметь высокие технические характеристики.

В табл. 4 представлены технические характеристики разработанного биозащитного лакокрасочного материала.

Все полученные лакокрасочные покрытия высыхали до степени 3 за время не более 1 ч и давали пленку с однородной матовой поверхностью.

Таблица 4

**Технические характеристики разработанного лакокрасочного материала**

Наименование показателя	Значение
Массовая доля нелетучих веществ, %, не менее	50
pH краски	8,5–9,1
Время высыхания до степени 3 при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , ч, не более	1
Степень перетира, мкм, не более	40
Укрывистость высушенной пленки, $\text{г}/\text{м}^2$ , не более	80
Адгезия, МПа, не менее	2
Стойкость пленки к статическому воздействию воды при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , ч, не менее	48
Условная светостойкость, ч, не менее	24
Паропроницаемость, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$	0,008
Грибостойкость по ГОСТ 9.050, балл (метод 1/метод 2)	0 / 1

Испытание покрытий на стойкость к воздействию воды проводили в соответствии с ГОСТ 9.403. После 50 ч статического воздействия воды не наблюдалось изменений внешнего вида покрытия. Спустя 24 ч УФ-облучения лампой декоративные и защитные свойства покрытий также не изменились. Адгезия покрытий составила 2 МПа.

Таким образом, разработанный биозащитный материал с пониженным содержанием биоцида обладал высокими значениями технических характеристик, таких как адгезия, укрывистость, водостойкость, паропроницаемость.

**Заключение.** Проведенные исследования показали возможность создания биозащитного лакокрасочного материала для окрашивания деревянной поверхности с пониженным содержанием биоцида и позволили сформулировать

основные принципы снижения экологической нагрузки при разработке биозащитных материалов: выбор наиболее биостойкого пленкообразователя; подбор пигментов и наполнителей должен происходить с точки зрения их активности по отношению к плесневым грибам, а их количества в композиции должны определяться с учетом объемной концентрации пигмента. Для окрашивания деревянной поверхности объемная концентрация пигментов должна быть максимальной (не менее 38 об. %) для создания барьерного эффекта, который снижает влияние древесины, так как дерево является органическим материалом природного происхождения и служит источником углеродного питания для многих живых организмов; также следует исключить использование компонентов, стимулирующих рост и развитие плесневых грибов.

**Литература**

1. Казакова Е. Е., Скороходова О. Н. Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. М.: Пэйнт-медиа, 2003. 136 с.
2. Скороходов В. Д., Шестакова С. И. Защита неметаллических строительных материалов от биокоррозии. М.: Высшая школа, 2004. 204 с.
3. Выделение кислот некоторыми гифомицетами / А. А. Малама [и др.] // IV Всесоюзная конференция по биповреждениям: тезисы докладов, Н. Новгород, 3–6 октября 1991 г. / Нижегород. Гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского, Науч.-исслед. ин-т химии; редкол.: В. Д. Ильичев [и др.]. Н. Новгород, 1991. С. 51.
4. Легонькова О. А. Анализ существующих представлений о биоразлагаемых полимерных материалах // Лакокрас. матер. и их примен. 2006. № 4. С. 43–45.
5. Гончарова И. А., Мицкевич А. Г., Ровбель Н. М. Экспресс-оценка эффективности защиты материалов от плесневых грибов // Успехи медицинской микологии: материалы III Всероссийского конгресса по медицинской микологии, Москва, 24–25 марта 2005 г.: в 9 т. М.: Национальная академия микологии, 2005. Т. 5. С. 61–63.
6. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. СПб.: Химиздат, 2010. 448 с.
7. Брок Т., Гротэклаус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. М.: Пэйнт-медиа, 2007. 548 с.
8. Грачев Ю. П., Плаксин Ю. М. Математические методы планирования экспериментов. М.: ДеЛи принт, 2005. 296 с.

**References**

1. Kazakova E. E., Skorokhodova O. N. *Vodno-dispersionnyye akrilovyye lakokrasochnyye materialy stroitel'nogo naznacheniya* [Waterborne acrylic paint work material of building use]. Moscow, Paint-media Publ., 2003. 136 p.



2. Skorokhodov V. D., Shestakova V. D. *Zashchita nemetallicheskih stroitel'nykh materialov ot biokorrozii* [Protection of non-metallic constructional materials from the biocorrosion]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2004. 204 p.
3. Malama A. A. [et al.]. Excretory of the acid by filamentous fungi. *Tezisy dokladov IV Vsesoyuznoy konferentsii po bipovrezhdeniyam* [Scientific conference abstracts of the IV all-Russian biodeterioration conference]. Nizhny Novgorod, 1991. Pp. 51–55 (In Russian).
4. Legon'kova O. A. Analysis of applicable conceptualization of the biodegradable polymer materials. *Lakokrasochnye materialy i ih primeneniye* [Russian Coatings Journal], 2011, no. 4. pp. 43–45 (In Russian).
5. Goncharova I. A., Mitskevich A. G., Rovbel' N. M. Quick analysis of the protective efficiency of the materials from the mould fungi. *III Vserossiyskiy kongress po meditsinskoy mikologii "Uspekhi meditsinskoy mikologii"* [III Russian medical mycology congress "Successes of medical mycology"]. Moscow, 2005. Vol. 5. Pp. 61–63 (In Russian).
6. Yakovlev A. D. *Khimiya i tekhnologiya lakokrasochnykh pokrytiy* [Chemistry and technology of paintwork coatings]. St. Petersburg, Khimizdat Publ., 2010. 448 p.
7. Brok T., Grotjeklaus M., Mishke P. *Evropeyskoe rukovodstvo po lakokrasochnym materialam i pokrytiyam* [European guidance on the paintwork materials and coatings]. Moscow, Paint-media Publ., 2007. 548 p.
8. Grachev Yu. P., Plaksin Yu. M. *Matematicheskie metody planirovaniya eksperimentov* [Mathematical methods of experiment design]. Moscow, DeLi print Publ., 2005. 296 p.

#### Информация об авторах

**Сабадаха Елена Николаевна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: elenasabadaha@mail.ru

**Прокопчук Николай Романович** – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: prok\_nr@gmail.by

**Шутова Анна Леонидовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: a.l.shutova@mail.ru

#### Information about the authors

**Sabadakha Elena Nikolaevna** – PhD (Engineering), Senior Lecturer, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: elenasabadaha@mail.ru.

**Prokopchuk Nikolaj Romanovich** – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, professor, professor, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: prok\_nr@gmail.by.

**Shutova Anna Leonidovna** – PhD (Engineering), Assistant Professor, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: a.l.shutova@mail.ru.

Поступила 23.02.2016